

NOPEAT KAAPELOINNIT (1-10 Gbit)

Matti Ukkonen

Opinnäytetyö
Lokakuu 2011
Tietotekniikka koulutusohjelma
Tietoliikenne ja -verkot
suuntautumisvaihtoehto
Tampereen ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tietotekniikan koulutusohjelma
Tietoliikenne ja –verkot suuntautumisvaihtoehto

UKKONEN, MATTI: Nopeat kaapeloinnit (1-10 Gbit)

Opinnäytetyö 23 s., liitteet 1 s.
Lokakuu 2011

Tämä työn tarkoituksena on selvittää nopeiden kaapeleiden käyttöä. Työssä käsitellään kaapelityyppejä, niiden luokituksia ja ominaisuuksia. Työssä tutustutaan pari-, koaksiaali- ja valokaapeleihin. Työn toinen osa koskee eurooppalaista kaapelointia. Euroopassa on oma kaapelointistandardi EN 50173. Työn kolmannessa osassa tutustutaan eri maissa suoritettuihin nopeustesteihin ja ratkaisumalleihin.

Jatkuvasti kasvavan tiedonsiirtotarpeen tyydyttämiseksi täytyy operaattoreiden ja laitevalmistajien kehittää yhä nopeampia kaapeleita ja laiteratkaisuja. Nykyisin runkoverkot on jo rakennettu valokaapeleilla ja näihin kaapeleihin syötetään yhä useampia aallonpituuksia yhtä aikaa nopeamman tiedonsiirron saavuttamiseksi.

Asiasanat: Valokuitu, parikaapeli, kaapelikategoria

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Information and Communication Technologies
Option of Telecommunications and Networks

UKKONEN, MATTI: Fast Cabling (1-10 Gbit/s)

Bachelor's thesis 23 pages, appendices 1 page
October 2011

In this composition different cable types, like pair cable, coaxial cable and optic fiber, will be introduced. The second part of this work is about European cabling, where cabling standard EN 50173 is in use. In the final part few test examples and solutions around the world will be discussed.

To meet the growing need for data transfer the operators and manufacturers have to develop faster cables and hardware solutions. Today, grids are already made of fiber optic cables and these cables are fed to an increasing number of wavelengths simultaneously to achieve faster data transfer rates.

Key words: Optic fiber, pair cable, Cable category

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	5
2 KAAPELITYYPPEJÄ	6
2.1 Parikaapeli.....	6
2.1.1 Suojaamaton parikaapeli (U/UTP)	8
2.1.2 Suojattu parikaapeli	8
2.1.3 Parikaapelikategoriat	9
2.2 Koaksiaalikaapeli.....	9
2.3 Valokuitu.....	10
2.3.1 Teoriaa.....	10
2.3.2 Kaapelin pituuden määrittäminen	13
2.3.3 Värit	14
2.3.4 Vaimennus.....	15
3 EUROOPPALAINEN KAAPELOINTISTANDARDI	15
4 TOTEUTUKSIA NOPEISTA KAAPELOINNEISTA	17
4.1 Kabel Deutschland:n koejärjestely	17
4.2 MPLS-verkko	17
4.3 Runkoverkko	18
4.4 Konesaliverkko (Data-Center)	19
4.5 Kotiverkko.....	19
5 YHTEENVETO	20
LÄHTEET	21

1 JOHDANTO

Kasvavan tiedonsiirron tarpeen seurauksena kaapeleiden kapasiteettia tulisi saada parannettua. Standardoinnilla on tärkeä osa, jotta eri valmistajien tuotteet toimisivat yhdessä eikä tarvitsisi koko verkon olla yhden valmistajan laitteista tehty.

Tämä työn tarkoituksena on selvittää nopeiden kaapeleiden käyttöä. Työssä käsitellään kaapelityyppejä ja niiden luokituksia. Kappaleessa kaksi esitellään erilaisia kaapelityyppejä kuten pari-, koaksiaali- ja valokaapeleita. Kappaleessa kolme käsitellään eurooppalaista kaapelointia. Kappaleessa neljä esitellään muutamia esimerkkejä nopeiden kaapeleiden käytöstä.

Liite 1 käsittelee erityissanaston, termien ja lyhenteiden merkityksen.

2 KAAPELITYYPPEJÄ

Tässä kappaleessa käsitellään pari-, koaksiaali- sekä valokaapeleita. Tarkoituksena on selvittää kaapeleiden rakennetta, ominaisuuksia ja luokittelua. Ominaisuuksiin kuuluu osanaan myös kaapeleilla saavutettavat tiedonsiirtonopeudet.

2.1 Parikaapeli

Parikaapeli on kaksi vierekkäistä eristettyä kuparijohdinta. Näistä johtimista saadaan ulkopuolista häiriötä paremmin sietäviä, kun ne kierretään toistensa ympärille. Yleisimpiä käyttökohteita ovat toimistojen tietoliikenneverkot sekä kotiverkot. Kiertämätöntä parikaapelia voidaan käyttää mm. puhelinten liitosjohtoina. Kierrettyjä parikaapeleita on useammanlaisia, ja ne eroavat toisistaan suojauksen perusteella. (Ratol RTA316.)

Vaikka parikaapeli on hyvin yleinen lähiverkkoratkaisu, on kaapelin käytössä kuitenkin rajoituksia. Kaapelin pituus ei saisi ylittää 100 metriä. Suurempiakin verkkoja voi kuitenkin toteuttaa parikaapeloinnilla, kunhan väliin laittaa aina verkkolaitteen. Tällainen verkkolaite voi olla esimerkiksi kytkin tai keskitin. (Marttila 1999.)

Kuparikaapeleiden markkinaosuuksien jakautuminen vuonna 2011 oli seuraava: suojaamaton parikaapeli 92,5%, koaksiaalikaapeli 5,3% ja foliosuojattu parikaapeli 2,2%. On kuitenkin ennustettu että lähitulevaisuudessa koaksiaalikaapelin kysyntä vähenee ja foliosuojatun parikaapelin osuus kasvaa, koska valvontakameroissa voidaan nykyään käyttää parikaapelia kuvan siirtoon. (Cabling Installation & Maintenance 2011.)

Erilaisista parikaapeleista puhuttaessa käytetään usein lyhenteitä. Lyhenteiden vaihtuminen standardin ISO/IEC 11801 mukaisiksi on esitettyä taulukossa 1.

TAULUKKO 1. Parikaapeleiden lyhenteet, ISO/IEC 11801 (Nylund - Parikaapelilyhenteet)

Vanhat lyhenteet	Uudet lyhenteet
UTP	U/UTP
FTP	F/UTP
STP	U/UFTP
S-FTP	SF/UTP
S-STP	S/FTP

Uusi lyhenne muodostuu kolmesta osasta: AA / B CC. AA-osa tarkoittaa yhteistä suojausta; U = suojaamaton, F = foliosuojattu, S = palmikkosuojattu ja SF = palmikko- ja foliosuojattu. B-osa tarkoittaa parin suojausta; U = suojaamaton ja F = foliosuojattu. Lopun CC-osa tarkoittaa symmetristä paria TP = kierretty pari. (Nylund.)

Parikaapeleissa käytetään värikoodausta johdinparien erotteluun kaapelissa. Taulukossa 2 on esitelty miten parit on kytketty liittimiin suorakytketyssä ja ristikytkeytyssä parikaapelissa.

TAULUKKO 2. Parikaapelin pinnien ja johdinten kytkentä. (Tampereen SähköPalvelu 2004, 7)

Suorakytkentä (T568A)	Väri	Ristikytkeyty (T568B)
Pinni 1	Vihreä raita valkoisella pohjalla	Pinni 3
Pinni 2	Vihreä	Pinni 6
Pinni 3	Oranssi raita valkoisella pohjalla	Pinni 1
Pinni 4	Sininen	Pinni 4
Pinni 5	Sininen raita valkoisella pohjalla	Pinni 5
Pinni 6	Oranssi	Pinni 2
Pinni 7	Ruskea raita valkoisella pohjalla	Pinni 7
Pinni 8	Ruskea	Pinni 8

Parikaapelissa johdinparit on merkitty neljällä värillä. Samanväriset, raita ja koko väri, muodostavat johdinparin.

2.1.1 Suojaamaton parikaapeli (U/UTP)

Suojaamattoman parikaapelin käyttö perustuu symmetriaan. Hyvä parikierto ja oikein suunnitellut liittimet antavat tarvittavan häiriösuojauksen. (Eurooppalainen yleiskaapelointi 2007, 27-28.) Suojaamattoman parikaapelin etu on, että se ei kuumene niin paljon kuin suojattu. Kaapelin lämpötila vaikuttaa sen vaimennukseen. Suojaamaton parikaapeli on yleisin verkkokaapeli yksityis- ja toimistokäytössä. (Ratol RTA316.)

Nopeudet toimistoverkoissa työpisteillä ovat usein 10/100 mbit/s, joten tiedonsiirto näissä nopeuksissa onnistuu vaivatta U/UTP kaapeleilla. Toimistoverkoissa suositeltavaa on laittaa 1 Gbit/s kaapelointi keskittimiltä ja kytkimiltä konesaliin päin.

2.1.2 Suojattu parikaapeli

Suojatussa parikaapelissa parien ympärillä on suojavaippa. Suojavaippa vähentää sähkömagneettista häiriösaiteilyä. (Granlund 2007, 44.) Suojia on monenlaisia. Parikaapelissa voidaan käyttää yhteistä suojafoliota kaikkien johdinten ympärillä, jolloin lyhenne on F/UTP. Toki jokainen pari voi olla myös erikseen kierrettynä folioon, mutta ilman yhteistä suojaa, jolloin käytetään lyhennettä U/FTP. Yhteisen suojapalmikon voi punoa kummankin edellä mainitun foliosuojauksen päälle, jolloin kaapeleiden lyhenteet ovat vastaavasti SF/UTP ja S/FTP. (Nylund.)

Suojattua parikaapelia käytetään häiriölähteiden, kuten esimerkiksi sähköpääkeskusten, lähellä (Ratol RTA316). Suojattua parikaapelia käytetään myös nopeampien yhteyksien kanssa. Katteoria 7:n kaapeleilla tullaan saavuttamaan jopa 10 Gbit/s nopeuksia. Vaikka puhutaan suojatusta kaapelista, niin kaapelin suojavaippa ei suoja kaapelin sisällä kulkevaa tietoa

salakuuntelulta, vaan tieto tulee salata siirtotielle, esimerkiksi koodaamalla. Suojaavaippa suojaa kaapelia ja siellä kulkevaa tietoa ulkopuoliselta häiriöltä, kuten esimerkiksi sähkömagneettinen säteily.

2.1.3 Parikaapelikategoriat

Kaapelit luokitellaan useampaan kategoriaan kaapeleiden ominaisuuksien perusteella. Taulukossa 3 esitellään yleisimpiä kaapelikategorioita. Kategoriat luokitellaan juoksevin numeroin CAT1 – CAT7 ja alaluokat erotellaan kirjaimilla. Kategorioiden maksiminopeuden vaihtelevat CAT2:n 1 Mbit/s ja CAT7:n 10 Gbit/s välillä (Granlund 2007, 43-44). Kaapeleista käyttökelpoisia nykypäivän tietoliikenteessä ovat kategorioiden CAT5 – CAT7 kaapelit.

TAULUKKO 3. Kaapelikategoriat (Granlund 2007, 43-44)

Kategoria	Kaapelityyppi	Kaistanleveys	Nopeus
CAT1	UTP		
CAT2	UTP		1 Mbit/s
CAT3	UTP, STP		16 Mbit/s
CAT4	UTP, STP		20 Mbit/s
CAT5	UTP, STP	100 MHz	100 Mbit/s
CAT5e	UTP, STP	100 MHz	1 Gbit/s
CAT6	UTP, STP	250 MHz	10 Gbit/s / 55 metriä
CAT6a	UTP, STP	625 MHz	10 Gbit/s / 100 metriä
CAT7	STP	600 Mhz	10 Gbit/s / 100 metriä

Taulukon 3 kaapelityypit ovat viittauksia parikaapelin suojattuun (STP) ja suojaamattomaan (UTP) muotoon, ja nopeudet ovat maksiminopeuksia.

2.2 Koaksiaalikaapeli

Koaksiaalikaapeleita on käytetty jo pitkään lähiverkoissa niiden edullisen hinnan takia. Koaksiaalikaapelia tapaa nykyään yleisimmin television antennikaapelina. (Ratol RTA316.)

Koaksiaalikaapeli rakentuu kolmesta pääosasta; ulommaisena on PVC-muovikuoren sisällä eristejohdin, seuraavana on eristekerros ja sisimpänä signaalijohdin, joka on yleensä hehkutettua kuparilankaa. Koaksiaalikaapelilla on leveä siirtokaista ja erittäin hyvä häiriönsietokyky. Koaksiaalikaapelia on käytetty puhelinverkoissa ennen valokuituja. Signaalin merkittävä vaimeneminen alkaa vasta satojen megahertsien taajuuksilla. Vaikka vaimeneminen ei ole ongelmana, niin rajoittava tekijä tälläkin siirtomedialla on. Kapasitanssi aiheuttaa eri taajuuksilla amplitudivääristymää koaksiaalikaapelissa. (Piikkilä & Sahlstén 2006, 99.)

Koaksiaalikaapelissa käytetään kahdenlaista tiedonsiirtotyyliä: kantataajuussiirtoa ja laajakaistasiirtoa. Kantataajuussiirrossa koko kaapeli on yhden kanavan käytössä kun taas laajakaistasiirrossa samassa kaapelissa on useampia kanavia. Esimerkiksi kilometrin mittaisella koaksiaalikaapelilla voidaan saavuttaa 2 Gbit/s nopeus. (Granlund 2007, 46-47.)

Koaksiaalikaapelin ohutta (IEEE 802.3 10BASE2) ja paksua (IEEE 802.3 10BASE5) kaapelia käytetään lähiverkoissa. Ohut kaapeli on halpaa ja taipuisaa, mutta siirto-ominaisuuksiltaan se on huonompaa kuin paksu kaapeli, mikä on kalliimpaa ja vaikeammin asennettavaa jäykkyyden takia. (Piikkilä & Sahlstén 2006, 100.)

2.3 Valokuitu

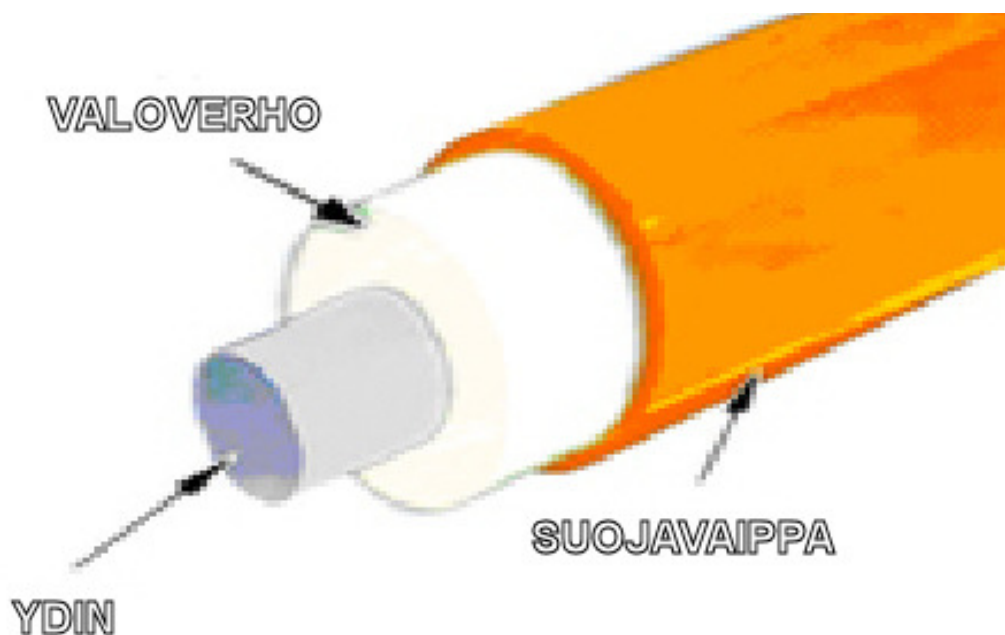
Pari- ja koaksiaalikaapeleiden lisäksi tiedonsiirrossa käytetään valokuitua. Valokuiduista käydään läpi rakennetta, ominaisuuksia ja kategoriointia. Tässä kappaleessa kerrotaan myös valokaapelin käsittelystä ja jatkeen tekemisestä.

2.3.1 Teoriaa

Valokaapelin tiedonsiirto perustuu valopulssien lähettämiseen. Pulssin muodostamiseen käytetään joko laser- tai led-valonlähdettä. Valokaapelissa on monia hyviä puolia. Se on hyvin häiriösietoinen vaihtoehto, koska

sähkömagneettisista häiriöistä ei tarvitse välittää. Valokuitu on ohutta ja kaapeli ei muodosta galvaanista yhteyttä, joten se on immuuni ylijännitteille, kuten esimerkiksi salamaniskuille. Valokaapelilla saavutetaan suurempi siirtonopeus ja -etäisyys kuin kuparijohdolla.

Valokuidussa on kolme osaa, jotka on esitetty kuviossa 1: ydinjohto, valoverho (kuori) ja suojavaippa (päällyste). Nämä on esitetty kuviossa 1. Ydinjohto ja valoverho ovat valmistettu joko muovista, lasikuidusta tai kvartsilasista (SiO_2). Ydinjohto ja valoverho omaavat eri optiset taitto-ominaisuudet, minkä ansiosta sisään syötetty valo kokonaisuudessaan valoverhosta ja jää poukkoilemaan kuidun sisälle. Suojavaippa on yleensä PVC-muovia. (Granlund 2007, 48-53; Piikkilä & Sahlstén 2006, 100; Optical Fiber Cables... 1999, 11.)



KUVIO 1. Valokuidun rakenne. (Elecon Information Technology)

Valokuiduista muodostetaan valokaapeleita kuituja niputtamalla. Valokaapelit soveltuvat nopeisiin tietoliikenneyhteyksiin, kuten runkoverkon osiksi. (FNE-Finland.) Optisessa maakaapelissa voi olla jopa 144 kuitua nipussa, jolloin kaapelin paksuus on 24,2 mm (Aftele 2011b).

Valokuituja käytetään myös Storage Area Networks (SAN) -tyylisissä ratkaisuissa, joissa tietoa pitää saada siirrettyä hyvinkin nopeasti. Varmistusten

ottamiseen on käytettävissä vain rajattu aika, joka on aina poissa tuotannon ajasta. Mitä nopeampaa on tiedonsiirto, sitä lyhyempi tarvitsee varmistusikkunan olla. Varmistusikkunalla tarkoitetaan aikaa, jonka tuotanto joutuu odottamaan, kun tuotannon tietoja viedään tallennusjärjestelmään. Tallennusjärjestelmä voi olla toisessa palotilassa oleva verkkolevy tai nauhuri.

Valokuiduissa käytetään kahdenlaisia kuitumuotoja: monimuotokuituja ja yksimuotokuituja. Monimuotokuidussa saman kuidun sisällä kulkee useampia valopulsseja eri aallonpituuksilla. Monimuotokuidun siirtonopeudeksi kahden kilometrin matkalla saadaan 100 Mbit/s, mutta 200-300 metrin matkalla saavutetaan jopa 10 Gbit/s. (Granlund 1999, 50-52.) WDM-tekniikan avulla monimuotokuiduilla voidaan saavuttaa jopa 80 Gbit/s siirtonopeus, kun käytetään kahdeksaa eri aallonpituutta (Optical Fiber Cables... 1999, 11,15-16).

Yksimuotokuidussa ytimessä kulkee vain yksi valo, koska ytimen halkaisija on valon aallonpituuden mittainen (Granlund 1999, 50-52). Yksimuotokuitua käytetään yleensä runkoverkon kaapelointiin. Vahvistimia tarvitaan vain sadan kilometrin välein ja silti saavutetaan 1 Gbit/s siirtonopeus. (Optical Fiber Cables... 1999, 11,15-16.)

Kvartsilasisissa valokaapeleissa yleisimmin käytetyt aallonpituudet ovat 850 nm, 1310 nm ja 1550 nm. Muovisessa valokuidussa (POF) puolestaan käytetään sekä 650 nm että 850 nm aallonpituutta. Aallonpituuksista 850 nm sekä 1300 nm ovat monimuotokuiduissa käytettyjä ja 1310 nm sekä 1490...1625 nm ovat yksimuotokuiduissa käytettyjä. (Optical Fiber Cables... 1999, 24-25; Hayes 2011.)

Yleisimmin käytetyt ytimien paksuudet ovat monimuotokuidussa 50 / 125 μm (standardi ITU-T G.651), 62,5 / 125 μm (yleinen LAN verkoissa) ja 100 / 140 μm , sekä yksimuotokuidussa 9 / 125 μm (ITU-T G.652) ja 8 / 125 μm (ITU-T G.653) (Optical Fiber Cables... 1999, 21). Suomalaiset merkinnät monimuotokuiduille ovat: 50 / 125 μm merkitään kirjaimilla GI, 62,5 / 125 μm merkitään kirjaimilla GK ja 100 / 140 μm merkitään kirjaimilla GN. Yksimuotokuiduissa 9 / 125 μm merkitään SM:llä ja 8 / 125 μm merkitään DS:llä. (Valokaapelit tele- ja tietoverkoissa 2004, 20.)

Valokuidut jaotellaan viiteen eri kuitukategoriaan kuitujen ominaisuuksien perusteella. Kategoriat ovat monimuotokuidulle OM1, OM2 ja OM3 ja yksimuotokuidulle OS1 ja OS2. Lyhenne OM tarkoittaa monimuotokuitua ja lyhenne OS tarkoittaa yksimuotokuitua. (Eurooppalainen yleiskaapelointi 2007, 25.)

Valokaapeleita on suunniteltu monenlaisiin käyttötarkoituksiin. Yleisimmin käytettävät valokaapelit soveltuvat käytettäväksi -40... +70 celsiusasteen lämpötiloissa. Säilytys voi olla hieman kylmemmässäkin, mutta asennuksen ajan lämpötilan tulisi olla -30...70 celsiusastetta. (Afltele 2011a.) Asennuksen aikana lämpötilan pitää olla hieman korkeampi kuin mitä minimi käyttölämpötila on, jotta kuitu ei katkea taivutuksissa.

Kuidun jatkaminen tapahtuu hitsaamalla. Ennen hitsausta kuitua kuoritaan noin kahden senttimetrin matkalta. Kuorittu pää puhdistetaan alkoholilla (A12i). Jotta saataisiin kohtisuora pinta liitosta varten, kuitu katkaistaan kuoritulta osalta, kuorittua kuitua jää jäljelle 8...16 mm. Tämän jälkeen kuidun pää asetetaan hitsauslaitteeseen, joka uudemmissa laitteissa tekee kohdistuksen ja hitsauksen. Hitsauksen jälkeen jatkos suojataan kuitujatkossuojalla 4-6 cm matkalta. (Valokaapelit tele- ja tietoverkoissa 2004, 48.)

2.3.2 Kaapelin pituuden määrittäminen

Alla olevalla kaavalla saadaan laskettua kaapelin maksimipituus eri rakenteisiin asennettaessa.

$$L_{max} = \frac{F}{\mu \cdot G}$$

L_{max} = Kaapelin maksimivetopituus, km

F = Maksimi vetovoima kaapelille, N

μ = kitkakerroin (tuntematon 1, betoni putki 0,9, PE koteloitu kaapeli PVC putkeen 0,3..0,5, Rullalta suoraan maahan hautaaminen 0,2..0,3)

G = Kaapelin paino, N/km (Optical Fiber Cables... 1999, 43.)

Kaapeli FXMSU vedetään betoni putkeen. FXMSU tarkoittaa Valokaapelia, jossa on urarunko sekä muovivaippa ja kaapeli soveltuu niin sisä- kuin ulkokäyttöön.

$$F = 500 \text{ N}$$

$$\mu = 0,9$$

$$G = 75 \text{ kg/km} = 740 \text{ N/km}$$

Näitä tietoja hyväksikäyttäen voidaan laskea maksimipituus. (Valokaapelit tele- ja tietoverkoissa 2004.)

$$L_{max} = \frac{F}{\mu \cdot G} = \frac{500 \text{ N}}{0,9 \cdot 740 \text{ N/km}} = 0,754831 \text{ km} \approx 750 \text{ m}$$

FXMSU kaapelin maksimipituus betoni putkeen vedettynä on siis 750 m.

2.3.3 Värit

Valokaapeleissa, kuten parikaapeleissakin, käytetään standardoitua värikoodausta kuitujen tunnistamiseen. Värejä on kaksitoista:

1. Sininen
2. Oranssi
3. Vihreä
4. Ruskea
5. Harmaa
6. Valkoinen
7. Punainen
8. Musta
9. Keltainen
10. Violetti
11. Roosa
12. Veden sininen

Seuraavat kaksitoista kuitua (numerot 13 – 24) ovat samanvärisiä kuin ensimmäiset kaksitoista kuitua mutta raidallisia. Lisäksi yksi- ja monimuotokuidut erotetaan erivärisillä kuorilla. Sisätiloissa käytetyn

monimuotokuidun kuori on oranssi ja yksimuotokuidun kuori on keltainen. Ulkona antennissa ja maakaapeleissa käytetään yleensä mustaa kuoren väriä kummassakin kuitumuodossa. (Telephone central.)

2.3.4 Vaimennus

Aina tiedonsiirrosta puhuttaessa tulee esiin vaimennus. Vaimennus tarkoittaa signaalin heikentymistä. Yksikkönä on desibeli (dB), usein myös desibeli kilometriä kohden (dB/km).

Valokaapelissa (monimuotokuidussa), jonka ydin on 62,5 / 125 μm , vaimennus 825...875 nm aallonpituudella on alle 3,5 dB/km. Kun aallonpituus on 1270...1340 nm, on vaimennus alle 1 dB/km. Valokaapelissa, jonka ydin on 50 / 125 μm , vaimennukset ovat hieman pienempiä. Aallonpituudella 825...875 nm vaimennus on alle 2,7 dB/km ja aallonpituudella 1270...1340 nm vaimennus on alle 0,8 dB/km. Vanhemman polven kaapeleissa vaimennukset ovat suuremmat. (Optical Fiber Cables... 1999, 27.)

Kvartsilasivalokaapeleissa vaimennukset ovat 850 nm aallonpituudella vajaa 2 dB/km, 1310 nm aallonpituudella noin 0,5 dB/km ja 1550 nm aallonpituudella alle 0,5 dB/km (Optical Fiber Cables... 1999, 24-25; Hayes 2011). Kvartsilasista valmistetuilla kuiduilla vaimennus on pienempi kuin mitä muovista tehdyillä kuiduilla.

3 EUROOPPALAINEN KAAPELOINTISTANDARDI

Tässä kappaleessa käydään lyhyesti läpi eurooppalainen kaapelointistandardi. Euroopassa on käytössä kaapelointistandardi EN 50173 ja sen päivitetty versiot. Parikaapelia käytettäessä luokat ovat määritelty kirjaimilla, ja vastaavuudet kategorioihin on esitetty taulukossa 4. Eurooppalainen kaapelointistandardi on tehty vastaamaan amerikkalaista standardia EIA/TIA-568.

TAULUKKO 4. Eurooppalaiset parikaapeliluokat (Eurooppalainen yleiskaapelointi 2007, 24)

Luokka	Kaapeli	Kaistanleveys
A		100 kHz
B		1 Mhz
C		16 MHz
D	CAT5	100 MHz
E	CAT6	250 MHz
Ea	CAT6a	500 MHz
F	CAT7	600 Mhz
Fa	CAT7a	1000 MHz

Valokuidulle luokat ovat määritelty kanavapituuden mukaan. Luokan nimi muodostuu kirjaimista OF, joka tarkoittaa valokuitua, ja kolmesta numerosta, jotka tarkoittavat saavutettavaa kanavapituutta. Esimerkiksi OF300 tarkoittaa, että kanavan pituus on 300 metriä. (Eurooppalainen yleiskaapelointi 2007, 25.)

4 TOTEUTUKSIA NOPEISTA KAAPELOINNEISTA

Seuraavaksi käydään läpi joitakin käytännön toteutuksia nopeista kaapeloinneista. Kaapelioperaattorit haluavat saavuttaa samanlaiset yhteydet koaksiaali- ja kuparikaapeleilla kuin valokaapeleilla saavutetaan. Operaattoreiden verkkoja pitäisi saada parannettua kysynnän lisääntymisen mukaan, mutta parannukset tulisi toteuttaa kuitenkin mahdollisimman halvalla kilpailukyvyyn säilyttämiseksi. (DSLPrime 2011.)

4.1 Kabel Deutschland:n koejärjestely

Ensimmäisenä kaapelioperaattorina yli 1 Gbit/s yhteyden toteutti Kabel Deutschland (KD). Se saavutti 1,17 Gbit/s latausnopeuden televisioverkolla. Verkkotestin KD toteutti yhteistyössä Ciscon kanssa. Testissä käytettiin 862 MHz:n taajuutta. KD on toteuttanut myös toisen testin, jonka mukaan DVB-C2 -standardi mahdollistaa samassa verkossa vielä nopeammat yhteydet ja enemmän TV-kanavia. Asiakkailleen KD tarjoaa 100 Mbit/s nettiyhteyden sekä yli 100 digitaalista ja 32 analogista TV-kanavaa samaa kaapelia pitkin. (Kabel Deutschland successfully test 1 Gbit/s 2010.)

4.2 MPLS-verkko

MPLS eli Multi-protocol Label Switching, suomennettuna leimakytkentä, on tapa jolla nopeutetaan koko verkon toimintaa nopeuttamalla reititinten toimintaa. MPLS-verkon reunalaite tutkii saapuvan paketin ja asettaa sille uuden kehyksen, eli niin sanotun leiman, jonka mukaan muut MPLS-verkon reitittimet sen käsittelevät. MPLS-verkossa reunareitittimissä pitää olla paljon tehoa, mutta verkon keskellä voi käyttää yksinkertaisempiakin reitittämiä, kunhan ne vain ymmärtävät leimakehyksen. Verkon voi rakentaa jo olemassa olevan infrastruktuurin päälle, olipa kyseessä sitten IP, ATM, Frame Relay tai Ethernet. (Cisco Systems.)

4.3 Runkoverkko

Runkoverkolla tarkoitetaan pitkän matkan yhteyksiä eri kaupunkien tai toimipisteiden välillä. Tietoliikenteessä runkoverkon hallinta on kriittinen osa-alue. Tämän huomasi Suomen valtiokin, kun Telia-Sonera yhdistyi ja Suomen runkoverkko joutui ruotsalaisen osapuolen määräysvaltaan. Verkon toimivuus poikkeusoloissakin on tärkeää niin viranomaisille kuin tavallisille kansalaisille. (Tolsa 2009.)

Suomessakin olleen 100GET (100 Gbit/s Carrier Grade Ethernet) -hankkeen tarkoituksena oli kehittää tietoverkkotekniikkaa, jotta operaattoreiden käyttöön saataisiin kehiteltyä 100 Gbit/s siirtoverkko. Tällä uudella kuituverkolla olisi tarkoitus parantaa, ellei jopa korvata, vanhaa 10 Gbit/s runkoverkkoa. (Nordgren 2008.)

Telstra, australialainen teleoperaattori, toteutti testin Sydneyn ja Adelaiden välillä, jossa se testasi 40 Gbit/s ja 100 Gbit/s yhteyksiä jo olemassa olevalla kuituverkollaan. Testissä huomattiin, että eri aallonpituuksia lisäämällä saadaan nykyisissä kuiduissa kulkemaan enemmän tietoa. Esimerkiksi 100 Gbit/s nopeuteen käytetään kymmentä eri aallonpituutta. (TeleGeography 2009.)

Huawei, kiinalainen laitevalmistaja, on kehittänyt järjestelmän, jolla operaattorit, kuten China Telecom ja KPN, voivat tarjota asiakkailleen 100 Gbit/s yhteyksiä. Huaweista kerrotaan, että heidän järjestelmillään pystytään viemään 100 Gbit/s yhteyttä satoja kilometrejä, jopa 613km, ennen kuin elektronista vahvennusta tarvitsee käyttää. Järjestelmä käyttää WDM:iä ja toimii myös 10 Gbit/s ja 40 Gbit/s yhteyksien kanssa samassa verkossa häiritsemättä näitä. (Lightwaveonline 2011a; Lightwaveonline 2011b.)

Euroopassa Verizon ja JANET (UK) kehittävät tekniikkaa 100 Gbit/s:in yhteyksiä varten. Vuonna 2009 ne onnistuivat saamaan 10, 40 ja 100 Gbit/s yhteydet kulkemaan samassa verkossa ilman törmäyksiä. Törmäyksellä tarkoitetaan valopulssien sekoittumista tai muuttumista näiden kohdatessa

toisensa. Vuonna 2011 JANET (UK) otti 100 Gbit/s yhteyden käyttöönsä yhdellä osastoistaan. (Lightwaveonline 2009; Lightwaveonline 2011c.)

Näistä 100 Gbit/s yhteyksistä, joita operaattorit saavat rakennettua käyttöönsä, voidaan kuluttajille jakaa hyvinkin nopeita liittymiä kasvavaa tiedonsiirron tarvetta varten. Nykyisin tiedonsiirtoa tarvitaan lähes kaikkialla, olipa kyseessä Internetissä surffailu, puhelimella soitto tai videovalvonta lastenvaunuissa.

4.4 Konesaliverkko (Data-Center)

Konesaliverkoissa käytetään niin parikaapeleita kuin valokuitujakin. Valokuiduilla saadaan parempi tiedonsiirtonopeus lyhyellä matkalla kuin parikaapeleilla, mutta vanhoihin palvelimiin ei valokuituliittimiä voi asentaa.

Nykyisin käytettävissä BladeCenter- ja virtuaalipalvelinratkaisuissa palvelinten kiintolevyt ovat lohkoittuina Storage networks –laitteiden levyille. Tieto kulkee kuituja pitkin nopeasti tiedostopalvelimen ja sovelluspalvelimen välillä.

4.5 Kotiverkko

Kotiverkolla tarkoitetaan omakotitalon tietoliikenneverkkoa, eli yhden perheen käyttöön tulevaa verkkoa. Uusiin kerros- ja rivitaloihin kuitu asennetaan jo rakennus vaiheessa ja jaetaan asuinhuoneistojen kesken. Kerros- ja rivitaloissa verkon käyttäjiä voi olla useampia kymmeniä yhtä aikaa.

Kotiverkkoon tänä päivänä asennettavat valokuituliittymät ovat käyttöön nähden aivan liian tehokkaita. Harva vielä kotiinsa useamman gigan yhteydestä edes haaveileekaan, mutta tulevaisuuteen on hyvä varautua. Onhan lupailtu, että valokuituliittymä riittäisi kapasiteetiltaan seuraavaksi 50 vuodeksi. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2011.)

5 YHTEENVETO

Työssä esitellyillä kaapelityypeillä pystytään saavuttamaan 1-10 Gbit/s siirtonopeus. Nykyisin näitä nopeuksia käytetään lähiverkoissa, mutta kun siirrytään runkoverkkoon tai yhtiön sisäiseen siirtoverkkoon, pitää mennä 30 – 100 Gbit/s:in nopeuksille.

Eurooppalaista kaapelointistandardia on päivitetty useita kertoja vuosien saatossa aina uusien kaapelikategorioiden mukaan. KD:n testi on hyvä esimerkki, siitä kuinka vanhakin verkko saadaan muutettua nopeaksi päätelaitteita vaihtamalla.

LÄHTEET

Afltele. 2011a. Tuote katalogi. Luettu 20.4.2011.
http://www.afltele.com/products/fiber_optic_cable/index.html

Afltele. 2011b. Tuote katalogi. Luettu 20.4.2011.
<http://www.afltele.com/resourcecenter/specifications/fiberopticcable/pdfs/SlottedCoreOPGW.pdf>

Cabling Installation & Maintenance. 2011. Report: Shielded-cable growth rate outpacing unshielded. Luettu 17.8.2011.
<http://www.cablinginstall.com/index/display/article-display/9878867154/articles/cabling-installation-maintenance/news/network-cable/cat6/2011/4/Report-Shielded-cable-growth-rate-outpacing-unshielded.html>

Cisco Systems. Multi-protocol Label Switching (MPLS). Luettu 9.8.2011.
http://www.cisco.com/en/US/products/ps6557/products_ios_technology_home.html

DSLPrime. 2011. 800 Megabit Cable Modems Are Coming. Luettu 14.3.2011.
<http://www.dslprime.com/docsisreport/163-c/3970-800-megabit-cable-modems-are-coming>

Elecon Information Technology LTD. 2008. Tuoteluettelo. Luettu 31.8.2011.
<http://eleconinfotech.net/Network%20Products.html>

Eurooppalainen yleiskaapelointi – Suunnittelu, asennus ja ylläpito. 1. Painos 2007. Teletekno.

FNE-Finland Oy. Kuitu.net. Luettu 14.3.2011.
http://www.kuitu.net/portal/fi/kuituinfo/optinen_liityntaverkko/historiaa/

Granlund K. 2007. Tietoliikenne. Jyväskylä: Docendo.

Hayes J. 2011. Understanding wavelengths in fiber optics. Luettu 20.4.2011.
<http://www.thefoa.org/tech/wavelength.htm>

Kabel Deutschland. 2010. Kabel Deutschland successfully test 1 Gbit/s. Luettu 14.3.2011.
<http://www.kabeldeutschland.com/en/presse/pressemitteilung/produktnachrichten/november-12-2010.html>

Lightwaveonline. 2009. Verizon Business completes 100G trial with U.K. research and education network. Luettu 10.8.2011.
<http://www.lightwaveonline.com/general/verizon-business-completes-100g-trial-with-uk-research-and-education-network-54894747.html>

Lightwaveonline. 2011a. KPN International deploys Huawei's coherent 100-Gbps WDM system. Luettu 10.8.2011.

<http://www.lightwaveonline.com/networking/news/KPN-International-deploys-Huawei-coherent-100-Gbps-WDM-system-124349884.html>

Lightwaveonline. 2011b. China Telecom deploys Huawei 100-Gbps DWDM systems. Luettu 10.8.2011.

<http://www.lightwaveonline.com/networking/news/China-Telecom-deploys-Huawei-100-Gbps-DWDM-systems-124416619.html>

Lightwaveonline. 2011c. JANET(UK), Verizon collaborate on 100-Gbps networking. Luettu 10.8.2011.

<http://www.lightwaveonline.com/networking/news/JANETUK-Verizon-collaborate-on-100-Gbps-networking-124852834.html>

Liikenne- ja viestintäministeriö. 2011. Vauhtia verkkoon – sadan megan Suomi. Erweko.

Marttila J. 2004. Kaapelityypit. Luettu 14.3.2011.

<http://cc.joensuu.fi/~marttila/verkko/kaapelityypit.html>

Nylund. Parikaapelilyhenteet. Luettu 21.8.2011.

http://www.nylund.fi/_globalimg/ngj_liite/1583/Parikaapelilyhenteet.pdf

Optical Fiber Cables for Telecommunications and Data Networks. 1. Painos 1999. Helkama Bica.

Piikkilä V. ja Sahlstén T. 2006. Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät. Espoo: Sähkötieto.

Protocols.com. Multi-protocol Label Switching (MPLS). Luettu 9.8.2011.

<http://www.protocols.com/papers/mpls.htm>

Ratol verkkomateriaali. Raahen tekniikan ja talouden yksikkö kurssi RTA316 Lähiverkot. Luettu 10.3.2011.

<http://www.ratol.fi/opensource/lahiverkot/>

Tampereen SähköPalvelu Oy. 2004. Tietoverkkotuotteet 2004-2005. Luettu 31.8.2011.

<http://www.tsp.fi/pdfs/parikaapelointi.pdf>

Nordgren K. 2008. Huippunopean tietoverkon tutkimusta Suomeen. Luettu 17.10.2011.

<http://www.tekes.fi/fi/community/Uutiset/404/Uutinen/1325?name=Huippunopean+tietoverkon+tutkimusta+Suomeen>

TeleGeography. 2009. Telstra completes 100Gbps fibre-optic trials. Luettu 10.8.2011.

<http://www.telegeography.com/products/commsupdate/articles/2009/08/04/telstra-completes-100gbps-fibre-optic-trials/>

Telephone central. Fiber Optic Cable Color Code. Luettu 13.4.2011.

<http://www.telephonecentral.com/custom.aspx?id=29>

Tolsa T, Talouselämä. 2009. Tietoliikenteen runkoverkko on kansallinen turvaintressi. Luettu 15.8.2011.

<http://www.talouselama.fi/uutiset/article351911.ece>

Valokaapelit tele- ja tietoverkoissa. 2004. Helkama Bica. Luettu 17.10.2011.

http://www.helkamabica.fi/pdf/NetworkBrochure_FIN.pdf

Valokaapelit tele- ja tietoverkoissa. 4. painos. 2004. Helkama Bica.

LYHENTEET JA TERMIT

LIITE 1

Mbit/s	Megabittiä sekunnissa
Gbit/s	Gigabittiä sekunnissa
UTP	Suojaamaton kierretty pari(kaapeli)
STP	Suojattu kierretty pari(kaapeli)
FTP	Foliosuojattu kierretty pari(kaapeli)
CATX	Kategoria X kaapeli
POF	Plastic Optic Fibre
WDM	Wavelength Division Multiplexing
OM	Monimuotokuitu (optical multimodefiber)
OS	Yksimuotokuitu (optical singlemodefiber)